

В.А. Безводин, В.А. Антипов. –
Опубл.25.01.78., бюлл. №3
Патент АФ № 2267668, МПК F16F
15/00. Способ регулирования
вибрационных характеристик системы

объект- опора/ В.А. Антипов, Ю.К.
Пономарев, А.В. Ковтунов, В.А. Дулецкий,
П.В. Вершинин. Заявитель
патентообладатель : СамГУПС.- опубл.
10.01.2006, бюлл. №1

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ С ВИХРЕВЫМИ ЯЧЕЙКАМИ

©2012 Андронов П.Р., Гувернюк С.В., Дынникова Г.Я., Зубин М.А., Зубков А.Ф.

НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

CALCULATION-EXPERIMENTAL STUDY OF THE FLOW AROUND BODIES WITH VORTEX CELLS

©2012 Andronov P.R., Guvernuyuk S.V., Dynnikova G. Ya., Zubin M.A., Zubkov A.F.

Vortex cell is a certain artificial impression (cavity) on a smooth surface, for example, an aerofoil. If a viscous flow smoothly wraps the surface in front and behind the cell so no flow separation occurs, such cell is defined as a working vortex cell. Intensive flow recirculation that inevitably occurs in a working vortex cell is referred to as trapped vortex. It is possible to say that a working vortex cell is a cell with a started trapped vortex. The main goal of installing vortex cells on a surface is to avoid the boundary-layer separation. The boundary layer has a tendency to separate in the areas of the surface that experience an increase in pressure, or, in other words, where adverse pressure gradient exists. Therefore, the major practical quality of the vortex cell should be its ability to remain "working" under the largest possible adverse pressure gradient. Efficiency of several methods for influencing the flow in the vortex cell was investigated. These methods are: deterministic suction with constant suction flow rate; periodic suction with feedback control based on pressure data; periodic suction from the center of the cell; periodic impulse supply.

Управление обтеканием с помощью организованного отрыва потока позволяет в ряде случаев существенно улучшить аэродинамические характеристики тел. Создание на обтекаемой поверхности ловушек интенсивных вихрей в виде каверн, называемых вихревыми ячейками [1], может локализовать зоны отрыва потока и обеспечить плавное обтекание. "Улавливание вихря" – это технология предотвращения нестационарного схода крупных вихрей с диффузорных участков поверхности тела (крылового профиля или расширяющегося канала, рис.1). «Диффузорным» участком поверхности тела называют часть его контура, вдоль которой происходит торможение потока под действием положительного градиента давления. При безотрывном обтекании любого замкнутого контура неизбежно существование на нем диффузорных участков [1]. Диффузорными

являются также стенки любого расширяющегося канала, ограничивающего дозвуковой поток среды.

Идея применения вихревых ячеек для предотвращения отрыва на толстом крыле была впервые выдвинута и практически опробована Л.Н. Щукиным (патент № 2015941 от 14.10.1991) и затем подхвачена многими исследователями.

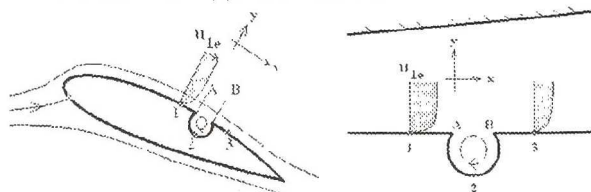


Рис.1 Вихревая ячейка на диффузорных участках тел.

В докладе представлены результаты анализа экспериментальных распределений статического и полного давлений в окрестности вихревой ячейки в виде поперечной цилиндрической траншеи на стенке канала, рис.2 ($R \gg L \gg \delta$, где R –

радиус кривизны стенки, $L=|AB|$ – длина хорды открытого сечения ячейки, δ – толщина набегающего пограничного слоя перед ячейкой) при варьировании градиента давления во внешнем потоке над ячейкой.

Экспериментальные данные обработаны с использованием только локальных параметров течения в масштабе ячейки, в частности, безразмерный локальный градиент давления во внешнем потоке определен как $Dp=(dp/dx) L/(\rho U^2)$, где $U=u(L/2, L/2)$ – продольная скорость потока над ячейкой на расстоянии $L/2$ по нормали к середине входной хорды. Это позволяет переносить экспериментальные результаты, полученные при изучении течений в каналах, на случай внешнего обтекания крылового профиля с вихревой ячейкой.

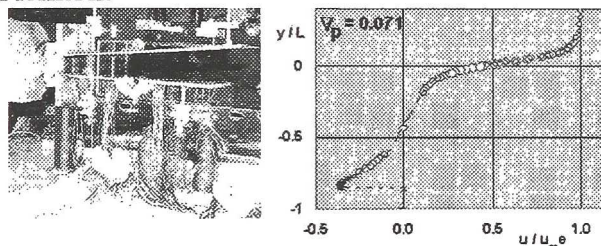


Рис. 2 Экспериментальная установка «ВиА»; осредненный профиль скорости потока по глубине «работающей» вихревой ячейки

Осредненное течение со стабильным уловленным вихрем достаточно хорошо моделируется в рамках уравнений Рейнольдса с различными полуэмпирическими моделями турбулентности[1]. Однако подобные методы RANS/URANS не способны воспроизводить процессы потери устойчивости и разрушения уловленного вихря под действием положительного градиента давления. Альтернативой является лагранжев численный метод вязких вихревых доменов (ВВД) [2]. На рис. 3 (слева) представлены экспериментальные картины дымовой визуализации развития неустойчивости на границе уловленного вихря и соответствующие результаты численного моделирования методом ВВД (справа) при $Re=5600$.

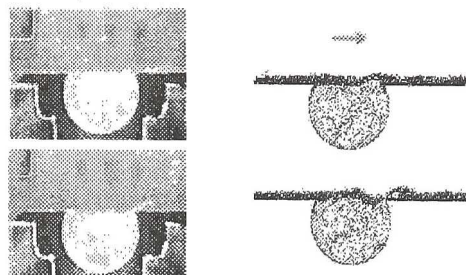


Рис. 3 Развитие неустойчивости уловленного вихря.

Исследована эффективность различных способов воздействия на течение в вихревой ячейке: детерминированный отсос постоянной интенсивности; управляемый отсос переменной интенсивности с обратной связью по давлению; периодический отсос в центре ячейки; периодический подвод импульса (вдув высоконапорной низкорасходной струйки из локализованного источника внутри вихревой ячейки). На рис.4,а показана вихревая ячейка на профилированной стенке с системой управляемого отсоса, значками обозначено расположение сенсоров и актуаторов. При отсутствии управления (пассивная ячейка) течение нестационарное отрывное, рис.4,б. С помощью управляемого отсоса с небольшой средней интенсивностью на уровне 1.3% удается получить стабильное безотрывное обтекание данного диффузорного участка стенки, рис.4,в.

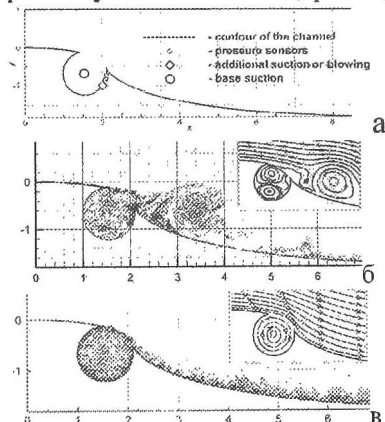
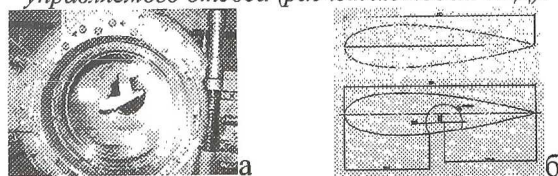


Рис. 4 Стабилизация уловленного вихря с помощью управляемого отсоса (расчет методом ВВД).



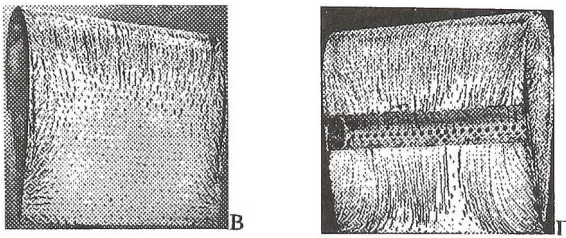


Рис. 5. Профиль paca0022, $Re = 10^6$, угол атаки 22.5° ;

а– модель в аэродинамической трубе, б–схемы моделей, в– визуализация раннего отрыва пограничного слоя на профиле без ячейки, г– почти безотрывное обтекание профиля с вихревой ячейкой.

На рис.5 представлены результаты экспериментального исследования влияния

вихревой ячейки на обтекание крылового профиля paca0022 при большом угле атаки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление обтеканием тел с вихревыми ячейками в приложении к летательным аппаратам интегральной компоновки /Под. ред. А.В. Ермишина и С.А. Исаева– М.: Изд-во МГУ, 2003.

Андронов П.Р., Гувернюк С.В., Дынникова Г.Я.. Вихревые методы расчёта нестационарных гидродинамических нагрузок. М.: Изд-во МГУ. 2006.

МЕТОД ИСПЫТАНИЙ РОТОРОВ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ, СТЕНД ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ И РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСПЫТУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ.

©2012 Антипов В.А., Андриянов С.В., Вельмин С.А.

Федеральное бюджетное образовательное государственное учреждение высшего профессионального образования
«Самарский государственный университет путей сообщения», Самара

A method for testing rotor assemblies boost high-speed diesel engines after repairs and stand for its implementation. It is shown that the developed significant stand of different flexibility and a very wide range of readable information. The dependences allowing to determine the need calculated characteristics of the elastic-damping bearings for given values of the vibration load on the various modes of engine and make a reasoned conclusion about the suitability of the rotor to further exploitation.

Современные отечественные и зарубежные турбокомпрессоры, как правило, высокооборотные, вследствие чего имеют ресурс существенно меньший, чем сама турбомашина. Из-за повышенной вибрации ротор, в частности, компрессорные и турбинные лопатки, опоры ротора, диски и др. получают повреждения и нуждаются в ремонте чаще, чем, например, узлы статора турбокомпрессора (далее - ТК). В дальнейшую эксплуатацию отремонтированный ротор может быть допущен только после проведения послеремонтных динамических испытаний. Известные способы испытаний и конструкции стендов, см., например, [1, 2, 3]обладают рядом существенных недостатков.

Авторами настоящей работы создан метод испытаний турбокомпрессоров, изготовлен стенд для его реализации, разработана методика расчетных исследований.

Сущность способа заключается в том, что воздух высокого давления от пускового компрессора подают в поворотное сопло газоотводящего патрубка турбины, предварительно поворачивая сопло для создания прямого или обратного перепада давления в проточной части ТК, а измерения параметров потока по тракту ТК проводят как при прямом, так и при обратном перепаде давления в проточной части ТК. Кроме того, измерения по тракту ТК проводят при снятом или заторможенном роторе ТК.

Стенд для испытаний ТК включает испытуемый ТК, состоящий из